

平成 22 年 03 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (A)
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18208007
 研究課題名（和文） 最先端技術による肥料効率の飛躍的改善と目的成分の供給
 研究課題名（英文） Innovative increase of fertilizer efficiency and supply of aimed form of fertilizer by the most advanced application method.
 研究代表者
 三枝 正彦 (SAIGUSA MASAHIKO)
 豊橋技術科学大学・先端農業バイオリサーチセンター・特任教授
 研究者番号：10005655

研究成果の概要（和文）：肥効調節型肥料の発明は肥料を種子や根と接触施用することを可能にした。この方法では土の介在なしに目的とした肥料成分を直接植物根に供給することが可能であり、肥料の利用効率を飛躍的に向上させ、作物の収量と品質を飛躍的に改善することを明らかにした。またこの方法で、不耕起移植栽培や、不耕起直播栽培、接触施肥シードテープ栽培、スティック肥料茶栽培など収量、品質を低下させることなく、環境負荷を低減する画期的農業システムを開発した。

研究成果の概要（英文）：The invention of controlled availability fertilizer has made possibility of the contact application of fertilizer with seed or roots. In this method, we can directly supply the aimed form of fertilizer components to plants root without any intervention of soil, and thus increase fertilizer use efficiency in great extent, and improve both crop yield and quality . We could establish the innovative farming system such as no-tillage transplanting culture, no-tillage direct seeding culture, contact application of fertilizer in seed tape, stick fertilizer application in tea culture etc. without any decreases both in crop yield and quality, lowering the environmental loading from fertilizer.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	13,100,000	3,930,000	17,030,000
2007年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
2008年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2009年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
年度			
総計	35,200,000	10,560,000	45,760,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学・植物栄養学・土壌学

キーワード：肥料の利用率、肥効調節型肥料、不耕起栽培、接触施肥栽培、植物成長調整剤、シードテープ、環境負荷軽減、リン獲得機能

1. 研究開始当初の背景

植物の生育に合わせて溶出する肥効調節型肥料は、徐々に溶出するので“肥料焼け”を起こさず、根や種子と接触させて施用できる。その結果、植物根は土壌を介さず直接肥料粒子から目的成分を効率良く吸収利用することができる。それ故、根と肥料粒子の接触面積を限りなく増やすことができれば、作物根は目的成分を最大限肥料から摂取することが可能となり、肥料による環境汚染を防止することや農産物の品質改善、省力化などを通じて、画期的農業システムが構築できる。

2. 研究の目的

接触施肥法による作物の肥料成分の直接吸収を最大にするために、1) 作物の根系と養分吸収利用、2) 作物の養分濃度耐性と養分吸収効率、3) 植物成長調節物質による植物根の増大、4) 根量増大遺伝子組換え植物の作出と養分利用率の改善、5) 栽培様式と利用効率の改善、6) 栽培環境と養分利用効率などの関係を解明し、肥料利用率の飛躍的向上と目的成分の直接供給を図り画期的農業システムを構築するものである。

3. 研究の方法

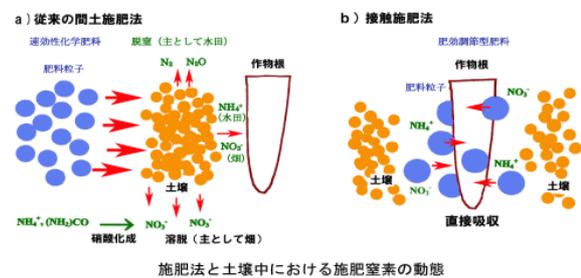
肥効調節型肥料は主としてポリオレフィン樹脂被覆肥料を用い、土壌の介在なしに種子や作物根と接触施用することで、目的とする成分を効率よく、作物に吸収利用させる。

この効率に大きく影響するのは作物根と肥料粒子の接触面積であるので、根毛増大遺伝子組み換え植物の創出や植物成長調整剤、品種特性、栽培法、施肥形態などを検討する。また施肥窒素の利用効率を正確に測定する

ために必要に応じて、重窒素標識肥料を用いて栽培試験を行う。



図1 水稻根と被覆肥料粒子の接触状況



4. 研究成果

上記研究目標に従い以下の結果を得た。

1) 作物の根系と養分吸収利用：分げつ度合を異にする水稻品種（ササニシキ>ひとめぼれ）では、根系の豊富なササニシキは接触施肥栽培における窒素肥料利用効率が高い

2) 作物の養分濃度耐性と養分吸収効率：同じコーン類でもスイートコーンに比べてデントコーンは塩類耐性が強い。

3) 植物成長調節物質による植物根の増大：根表面積増大に効果が認められたβ-フェニル乳酸の水稻の茎葉生育や根系形成に及ぼす影響を検討し、太根より細根の増殖に効果があることを明らかにした。またLBP処理区の葉齢、草丈、根の表面積は対照区より有意に増加した。

4) 根量増大遺伝子組換え植物の作出と養分利用率の改善：水稻およびタバコに根毛増

大遺伝子 rol-c の導入を試みたが、草丈は矮化するが、根毛の増加は認められなかった。そこで野生型の *Agrobacterium rhizogenes* 感染タバコを作成し、これに野生型花粉の交配で根量の増大した増殖機能を持つ個体を作成した。そしてこの個体を対照区と比較して、タバコ根の画像解析を行い、根系発達の微細形態と根量測定簡易法を開発した。

5) 栽培様式と利用効率の改善：

①茶樹栽培においては、肥効調節型スティック肥料の接触施肥栽培を行うことで、従来の10a当たりNとして100kg以上施用量に対して、収量品質を落とすことなく30kg程度まで低減できる事を明らかにした。②シグモイド型肥効調節型肥料とホウレンソウ種子をシードテープの同位置に封入した省力接触栽培を開発し、省力化と高品質化が可能であることを明らかにした。③肥効調節型肥料を用いて、省力、低コストの水稲不耕起移植栽培と不耕起直播栽培技術を開発した。④肥効調節型硝酸カルシウムの接触施肥栽培は従来不可能とされた硝酸態窒素を硫酸並みの利用率で供給できることを重窒素標識試験で明らかにした。⑤アルカリ水田土壌の水稲鉄欠乏は、微量元素入り肥効調節型肥料の接触施肥栽培で改善され、10a当たり350kg前後の玄米収量を得た。⑥肥効調節型肥料とリン酸培地を用いた水稲全量苗箱施肥技術を開発した。⑦マコモタケの肥効調節型肥料による不耕起移植栽培では、収量を約1割程度向上させ、超省力、低コスト栽培が可能となった。⑧ブルーベリー栽培においては、微量元素含有肥効調節型肥料の接触施肥がハイブッシュブルーベリーの新葉クロロシスの改善に有効であることを明らかにした。また同様にアルカリ畑土壌におけるグアバの鉄欠乏が微量元素含有肥効調節型肥料の接触

施肥で改善された⑨高 pH、高 EC ハウス土壌における鉄資材、鉄力あぐりの接触施肥はハクサイ、ダイコン、シュンギク、ホウレンソウ、ブロッコリーなどの蔬菜の生育を顕著に増大させた。⑩リン酸資源の枯渇に対応するために、リン獲得機能を有する、アブラナ科植物およびソバの生育、収量とリン酸の接触施肥技術の関係を検討した。ダイコン栽培では、 P_2O_5 , 0.8g/pot 或いは 1.6g/pot 施用で十分な生育が得られ、リン利用率も50%余の高い値が得られた。⑪肥効調節型肥料封入スティック肥料はトマトの根を誘導し、養分の効率的供給に大きく貢献した。

6) 栽培環境と養分利用効率などの関係を解明：下層土強酸性土壌における肥効調節型肥料の施用は植物の生育にマッチして養分を供給し降雨による流亡を軽減した。アルカリ土壌における微量元素含有肥効調節型肥料の接触施肥栽培は鉄欠乏を改善し、また黒ボク土における肥効調節型肥料の接触施肥栽培はリン酸欠乏、銅欠乏を効率的に改善することなどを明らかにした。またアルカリ土壌の分布するハンガリー国でキュウリの肥効調節型肥料栽培を行い、ストレス耐性酵素活性を検討し、アスコルビン酸過酸化酵素が塩ストレスに応じ増大することが明らかとなった。しかしながら、この酵素活性の変化はキュウリ収量に影響を示さなかった。

7) 4年間の各種試験結果をまとめ、肥効調節型肥料の接触施肥栽培は、肥料の利用効率を飛躍的に改善すると共に、従来不可能であった目的成分の供給を可能にすることを明らかにし、成果報告書を作成した。

5. 主な発表論文等

1) 雑誌論文

①A. Ombodi, N. Koczka, A. Hegedus, M. Saigusa, Effect of controlled

release fertilization on stress enzyme activity of cucumber transplants, Cereal Res. Comm. 査読有 37 33-36, 2009

②安達祐介・木村和彦・三枝正彦・渡邊肇、根伸長促進物質 L-β-フェニル乳酸が水稻幼植物の生育に及ぼす影響、新潟大学農学部研究報告、査読無、62, 97-103, 2009

③Sano, T. Ito, and M. Saigusa: Effects of *co-situs* application of controlled availability fertilizer on fertilizer and soil nitrogen uptake by rice (*Oryza sativa*L.) in paddy soils with different available nitrogen., *Soil Sci. Plant Nutri.*, 査読有、54, 769-776, 2008

④C.K.Morikawa, M. Saigusa, NK, Nishizawa, S.Mori, Overcoming Fe deficiency of guava (*Psidium guajava* L.) by *co-situs* application of controlled release fertilizers: *Soil Science and Plant Nutrition*, 査読有・52 (6) 754-759, 2006

⑤C.K.Morikawa, M. Saigusa, NK, Nishizawa, S.Mori: Importance of contact between rice roots and *co-situs* applied fertilizer granules on iron absorption by rice in a calcareous paddy, *Soil Sci. Plant Nutri.*, 査読有、54, 467-472, 2008.

⑥三枝正彦・大鷲高志・渡邊肇・鈴木和美：肥効調節型被覆硝酸カルシウムの接触施用による水稻への硝酸態窒素の供給：日本作物学会東北支部会報、査読無、51、17-18、2008

⑦C. K. Morikawa, H. Heinai and M. Saigusa : Effectiveness of *co-situs* application of ferrous iron in alleviating iron deficiency of paddy rice on calcareous soil. *Tohoku J. Agricultural Research*, 査読有、58, No1-2, 1-11, 2007

⑧平内央紀・渡邊肇・三枝正彦 2008. 酸性化多孔質ケイ酸カルシウム水和物の pH が

水稻苗 (*Oryza sativa* L.) の生育に及ぼす影響 日本作物学会紀事、査読有 77 : 253-258.

⑨平内央紀・三枝正彦・佐藤健・原田典明：水稻栽培におけるリン酸培地を用いた全量苗箱施肥技術の開発、日本土壤肥料学雑誌、査読有、78 (2) : 157-162、2007

⑩赤羽幾子・南條正巳・高橋正・関口道・三枝正彦、水田作土に局所施与されたリンの収穫跡地における分布、日本土壤肥料学雑誌、査読有77(2) 171-177, 2006

[雑誌論文] (計 21 件)

2) 学会発表

①C. K. Morikawa, M. Saigusa “*Co-situs*” application of CRFs: An innovative environmentally-sound technique, *Proceedings of the 9th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies*, 2009、10, 26-28、韓国、ソウル、オリンピックホテル

②安達祐介・猿橋裕・木村和彦・三枝正彦・渡邊肇：水稻における肥料利用効率の向上を考慮した植物成長調整剤の利用：1. 根伸長促進物質 L-β-フェニル乳酸が水稻の生育に及ぼす影響、日本作物学会、2009年3月28日つくば国際会議

③ M. Saigusa and C.K.Morikawa: Novel applications of controlled availability fertilizers in Japan, 16th International symposium of the International Scientific Center of Fertilizers, pp446-452 (2007) .

④M. Saigusa, New fertilizer management to maximize yield and minimize environmental effects in rice culture, *Rice is life, Scientific perspective for the 21st Century*, 372-374, 2006, 11, つくば国際会議場

⑤森川クラウドイオ健治、三枝正彦、西沢直子、森敏、アルカリ土壌における鉄の接触吸収による水稻の鉄欠の改善、日本土壌肥料学会、2006, 8 秋田(日本土壌肥料学会ポスター賞受賞)

[学会発表] (計 35 件)

3) 図書

①三枝正彦他、植物の百科事典：石井龍一他編 1-560、2009、朝倉書店

②三枝正彦、非アロフェン質黒ボク土とフィールド科学に魅せられて、肥料、1-129、2008、肥料科学研究所

③三枝正彦・新しい水田農業へのチャレンジ、新しい水田農法編集委員会編、1-252、2007、農文協

④三枝正彦、水生植物資源と施肥管理、104-、12、2007、明倫社(仙台)

⑤三枝正彦、食糧生産と施肥、肥料の事典、三枝正彦他編(pp. 1-6, 14-22) 2006、朝倉書店

[図書] (計 8 件)

4) 産業財産権

○出願状況 (計 2 件)

①名称：マンノース特異的レクチン前駆体に含まれるシグナルペプチド及びシグナルペプチドをコードする核酸並びにその利用

発明者：角康一郎・鳥山欽哉・小川智久・村本光二・堀雅敏・加藤哲也

権利者：同上

種類：特許権

番号：特願 2009-237432

出願年月日：2009、10、14

国内外の別：国内

②名称：アルカリ土壌用植物用鉄供給剤

発明者：三枝正彦、森川クラウドイオ健治、白井誠、笹本博彦、小島清路、荻野義昇、

谷口直哉

権利者：同上

種類：特許権

番号：P3733

出願年月日：2008

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三枝正彦 (豊橋技術科学大学先端農業バイオ・リサーチセンター・特任教授)

研究者番号：10005655

(2) 研究分担者：

南條正巳 (東北大学大学院農学研究科・教授) 研究者番号：60218071

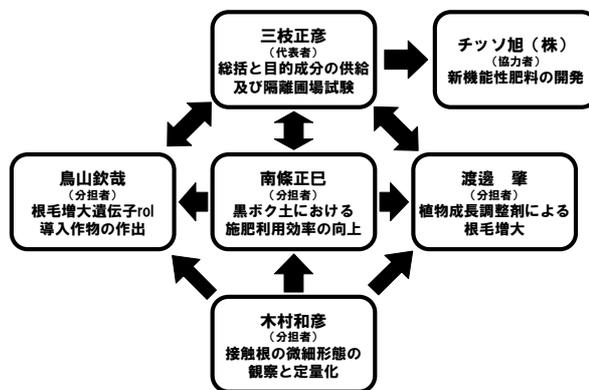
鳥山欽哉 (東北大学大学院農学研究科・教授) 研究者番号：20183882

木村和彦 (宮城大学食産業学部・教授)

研究者番号：10183302

渡辺肇 (新潟大学農学部・准教授)

研究者番号：10292351



研究組織とそれぞれの役割